

## 5 Sergilenmesi

2005 yılında Gaziantep Mozaik Müzesi Sergileme Programı çerçevesinde, Okeanos ve Tethys Mozaigi müze

içerisinde duvarda sergilenmiştir. Sergileme için; çelik bir taşıyıcı üzerine yerleştirilen mozaik parçaları, her

parça birbirinden bağımsız olarak çelik taşıyıcıya bağlanmış ve sergilenmeye hazır hale getirilmiştir.



Resim 10. Gaziantep Müzesi'nde Zeugma Mozaikleri Salonu

## Sonuç

Günümüzde mozaikler açısından dünyadaki en önemli sorunlardan birisi: hiç kuşkusuz çimento ile restorasyonu yapılmış olan mozaiklerdir. Bir dönemde bütün dünyada çok yaygın olarak kullanılmış olan çimentoların temizlenebilmesi için, çalışmalar sürdürülmektedir. Bugüne kadar, uluslar arası camiada uzmanların hemfikir oldukları bir

çözüm yolu bulunamamıştır. Yöntem ne olursa olsun, çimentonun temizlenmesi mekanik yöntemler ile olduğundan; bu işlem sırasında tesseralar zarar görebilmektedir.

Gaziantep Müzesi uzmanları tarafından yapılan çalışma sırasında, mozaiklerin arkasında bulunan orijinal harcın bir bölümü korunmuştur. Restorasyon uygulaması

sırasında, orijinal harcının korunmuş olması, eseri riske etmeden çimentonun temizlenmesi imkanını vermiştir. Ancak betonlu olan mozaiklerde orijinal harcın korunması, çok sık rastlanan bir olgu değildir. Bu nedenle, betonlu mozaiklerin kurtarılması konusunda, çalışmaların uzun yıllar devam edeceği gözlenmektedir.

## REFERANSLAR

1- Nardi, R., "La Conservazione E Il Restauro Dei Mozaici Di Zeugma", I MOSAICI Cultura, Tecnologia, Conservazione; Scienza e Beni Culturali XVII.2002, Arcadia Ricerche Srl.,Venezia , 275.

2- Giuffredi, A., "Mosaici Romani Strappati Nel Secolo Scorso, Il Problema Della Sostituzione Dei Supporti Cementizi Con Pannello Sandwich ad Anima a Nido D'ape in Alluminio", I MOSAICI Cultura, Tecnologia, Conservazione; Scienza e Beni Culturali XVII.2002, Arcadia Ricerche Srl.,Venezia, 309.

## ANALYSING THE ANCIENT MORTARS BY SIMPLE AND ADVANCED METHODS

## SUMMARY

The methods in analysing the ancient mortar samples vary according to the conservation purpose and the data needed. Some simple methods give the information of the reparation material's characteristics that will provide the compliance with the original material. But if the history of the mortar samples and the building are in case of need, advanced analysis methods will be necessary. Chemical analysing methods are not always sufficient for those kinds of information. Besides that the structural features should be researched. Advanced analysing techniques enables us to understand the resolution process and the technology of the ancient mortars. In this case study, the mortar samples taken from a 15th century building in Istanbul are examined in both simple and advanced ways. Comparing the simple and advanced methods, it's understood that using the simple (and cheaper) methodology of determining the ingredients of the mortar which will be used in reparation is sufficient.

## Basit ve İleri Analiz Yöntemleri ile Tarihi Harçların Analizi

Prof Dr. AHMET ERSEN \*  
Doç. Dr. AHMET GÜLEÇ \*\*

## Giriş

Tahtakale Hamamı 1453-81 yılları arasında İstanbul'da, günümüzde adını verdiği semtte inşa edilmiştir. Mimarisi tipik erken Osmanlı dönemi olmakla birlikte, Bizans döneminde kullanılan malzeme ve tekniklere de rastlanmaktadır. Günümüzde çarşı olarak kullanılan yapı, 16.yy'da Mimar Sinan tarafından onarılmıştır. Restorasyon öncesinde, 1988-90 yıllarında yapılan kazılardan ve yapıdan harç ve sıvalar toplanarak, dokümantasyonu yapılmıştır.

Yapıda kullanılan harçlarda bağlayıcı olarak kireç, agrega olarak tuğla kırığı ve kireçtaşı kırığı kullanılmıştır. Horasan harcı olarak adlandırılan bu tür harçlar, Bizans ve Osmanlı yapılarında sıklıkla kullanılmıştır. Ancak bu çalışma, sadece 15.yy sonu harç ve sıvalarının analizlerini kapsamaktadır.

## Tarihi Harçların Analizi

Bu çalışmada, amaca yönelik olarak basit ve ileri analiz teknikleriyle, tarihi harçların nitelikleri belirlenmiştir. Görsel analizle görünüm özellikleri belirlendikten sonra, örnekler HCL ile muamele edil-

miştir (Teutonico, 1988; Ashurts ve Dimes, 1990). Jedrzejska'ya göre, bu analizler mimari konservatör ve inşaat mühendisleri için yeterli iken; arkeologlar kronoloji ve tarihlendirmeye yönelik bilgilerde istemektedir (Jedrzejska, 1960, 1967 ve 1982).

Cliver, harç ve sıvaların asitle muamele sonucunda kalan kısımlarını, renklerine göre sınıflandırmıştır (Cliver, 1974). Bu yöntem kolay olmakla birlikte, sadece çimento veya melez (kireç-çimento) harç ve sıvaları için geçerlidir. Stewart ve Moore Jedrzejska, Cliver ve ASTM C85-86 (ASTM C85-86: 1980) yöntemlerini test



Duvarda özel nokta külhan kapağı



Geçiş elemanları ve örtüler

\* İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, Restorasyon Ana Bilim Dalı

\*\* İ.Ü., Edebiyat Fakültesi, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, gulecah@istanbul.edu.tr

ettikten sonra en güvenilir ve pratik yöntemin Jedrzejewska'nın yöntemi olduğunu belirlemişlerdir. (Stewart & Moore, 1982), Dupas, geleneksel harçların hidrolik-non hidrolik özelliğini belirlemek için;  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  ve  $MgO$  ile bağlanmış silikat miktarını belirlemiştir. (Dupas, 1982 ve 1984). Charola, hidrolik-non hidrolik kireç ve silikat ile kireçtaşı ve diğer silikatlı agregaları belirlemek üzere, kantitatif mineralojik analiz önermiş ve bunun doğruluğunu modern kimyasal yöntemlerle göstermiştir (Charola vd., 1984).

Tabasso ve Sammuri, kullanılacak harç ve sıvalarda suda çözünebilir tuzların miktarını kolorimetre ve iletkenlik ölçümleriyle belirlemişlerdir (Tabasso & Sammuri, 1984). Chiach ve Penkala harç-sıvaların stereo mikroskop ve SEM ile belirlemiş; malzemelerin içeriklerinin belirlenebilmesi için asitle muamele yanında bu analizleri de önermişlerdir (Chiac ve Penkalc, 1984). Yazarların yaptığı çalışmada, bu tekniklerin yanında ileri analiz teknikleri de



15. yy. sonu duvar örneği



Dilimli kubbe örtüsü



Duvar yapım teknikleri

ve Stefanidou, 2001).

Görünür yoğunluk, boşlukluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini, TS EN 1936 Doğal Taşlar Deneysel Metodları kullanılarak saptanabilmektedir.

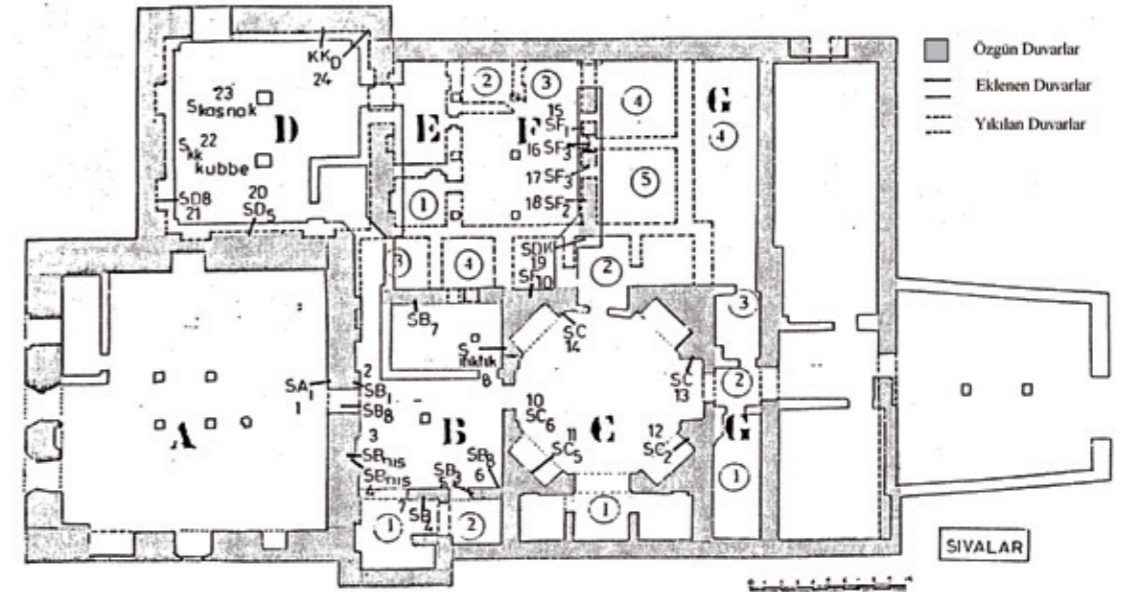
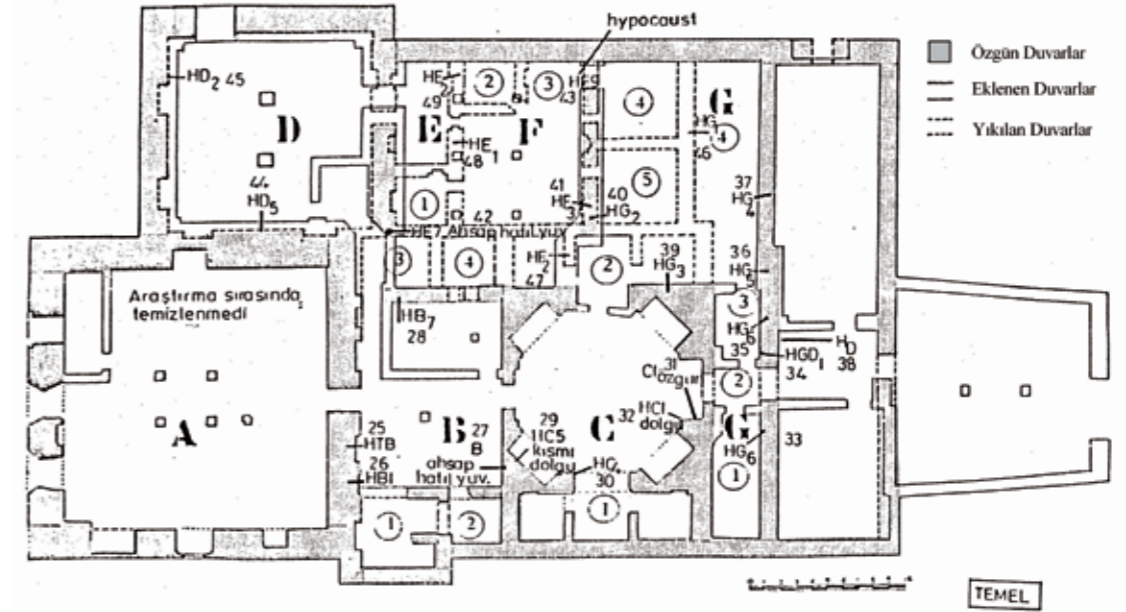
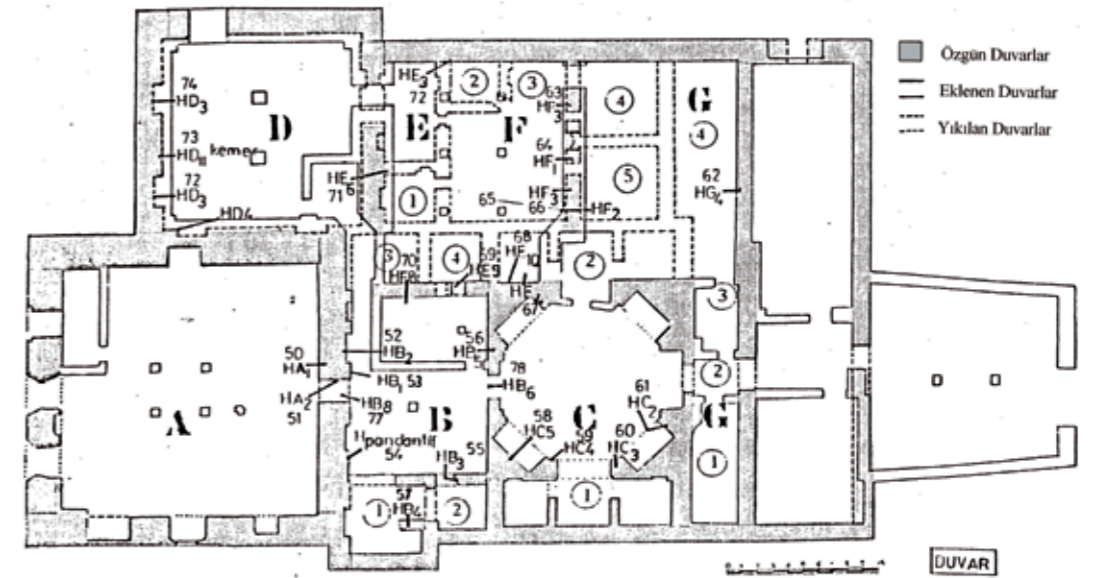
SEM ve EDX analizi ile, harç ve sıvanın içeriğindeki minerallerin biçimi, boyutları, yerleşim düzeni ve kristal yapısı belirlenmektedir. Cıvalı porozimetre ile yapılan analiz, gözenek boyutu, miktarı ve dağılımı hakkında önemli bilgilerin yanında, geleneksel kireç harçlarıyla çağdaş çimento bağlayıcılı harçlar arasındaki boşluk yapısı ve dağılımı farkını da ortaya çıkarmıştır.

Harç ve sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması, düzgün ve standarda uygun boyutlarda örnek alma zorluğu nedeniyle, çoğunlukla yapılamamakta-

dır. Bununla birlikte, örneklerin birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme (% ağırlıkça) değerleri belirlenebilmektedir. Ancak kılcal su emme değeri, standart örnek hazırlanabilmesi kısıtlı olduğu için, her zaman mümkün olamamaktadır. Mekanik özelliklerden basınç dayanımı, küçük ve amorf örneklerde nokta yükleme (point-load) testi ile gerçekleştirilebilmektedir. Eski harçların özelliklerinin hassas olarak belirlenmesi, ancak gelişmiş analiz tekniklerinin kullanılması ile mümkün olmuştur. Fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, onarım harcının özgün harçla uyumlu olarak petrografik analiz hazırlanması ve uygulanması için yararlı olacaktır. Mikroskobik analizler, kimyasal analizleri destekleyerek, örneğin bağlayıcı dolgu ve lifli katkıları ile genel olarak iç yapının durumu hakkında detaylı bilgiler vermektedir. Bu çalışmada, bir 15.yy sonu yapısının değişik bölümlerinden alınmış olan horasan harç ve sıvalarının içerik ve nitelikleri basit ve ileri analiz yöntemleriyle belirlenmiş ve sonuçlar referans veri olarak değerlendirilmiştir.

### Deneysel Çalışma

Yapının temelinden (20 örnek) ve duvarından (27 örnek) harç ve sıva (30 örnek) örnekleri alınmış ve yerleri rölöve üzerinde gösterilmiştir (Plan 1). Görsel tanımları yapılan örneklerde, asit kaybı, suda çözünebilir tuzların kalitatif ve kantitatif analizleri ve ince kesitlerde analizleri yapılmıştır. XRD, SEM, EDX ve cıvalı porozimetre analizleri ise seçilen tipik örneklerde yapılmıştır. Ancak fiziksel ve mekanik testlerin tümü, yeterli boyutta standart örnekler hazırlanamadığı için yapılamamıştır. Görsel tanımlama çıplak gözle ve stereo mikroskopla (Olympus S051) yapılmıştır.



Plan 1 Örneklerin alındığı yerler

Tablo 1 Tipik örneklerin asitle muamele ve elek analizi

Örnek No	% Agrega	% Asit Kaybı	1000 µ % Kalan	1000 µ % Geçen	500 µ % Geçen	250 µ % Geçen	125 µ % Geçen
P 15	60.66	39.34	46.25	53.75	48.92	27.61	22.78
P 13	13.49	86.51	46.13	53.87	48.06	20.00	15.48
P 23	61.74	38.26	49.32	50.67	45.77	24.15	20.10
F 50	52.02	47.98	32.05	67.95	64.99	37.48	32.65
W 53	62.56	37.44	80.86	19.14	14.84	4.30	3.22
W 53a	47.85	52.15	63.93	36.07	29.39	11.14	7.80
W 63	44.91	55.09	73.33	26.67	20.67	5.67	4.00
W 64	42.63	57.37	56.81	43.19	36.29	10.67	7.88
W 65	39.42	60.58	42.34	57.66	52.98	25.23	20.55

### Kızdırma Kaybı

Porselen krözeye konulan öğütülmüş örnek (500 mg) tartılır ( $\pm 0,10$  mg hassasiyette, Sartorius 2004 MP). Örnek, kül fırınında  $105 \pm 5$  °C,  $550 \pm 5$  °C ve  $1050 \pm 5$  °C sıcaklıklarda kızdırılarak, her ısıtma sonrasında desikatörde soğutulmuş olarak tartılır; ağırlık farkından örneklerin % nem, % 550 °C kaybı ve % CaCO<sub>3</sub> oranları hesaplanmaktadır.

### Asit Kaybı ve Elek Analizi

Etüvde  $105 \pm 5$  °C de kurutulmuş örneğin (15-30g) bağlayıcısı, HCl (% 10) ile muamele edilerek parçalanır. Örneğin asit ile reaksiyona girmeyen kısmı, filtre edilerek yıkanmış ve  $105 \pm 5$  °C'de kurutulmuştur. Asitle reaksiyona girmeyen silikat-

lı agregalar; 125, 250, 500 ve 1000µ' luk elek setiyle elenerek, agregaların boyut dağılımı hesaplanmıştır.

### Suda Çözünebilir Tuzların Analizi

Toz haline getirilmiş olan örnek (100 mg), 40-50 ml de-ionize suda bir gece bekletilmiştir. Süzülen ve 100 ml'ye tamamlanan stok çözeltilerin anyonları analizi kalitatif olarak spot test yöntemiyle, analizi kantitatif olarak katyonları atomik absorpsiyon spektrometresiyle (GBC 903 MODEL) analizi yapılır.

### Petrografik Analiz

Epoksiye (Araldite AY 103 + HY 956) gömülen örnekler kesilerek (Buehler İsomat) ~ 1 mm kalınlığın-

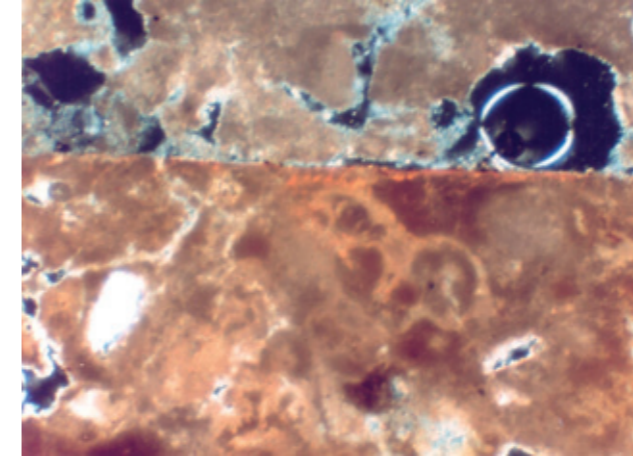
da ince dilimler hazırlanmıştır. Hazırlanan ince dilimler lama yapılandırılarak; 400, 600 ve 1000 numaralı zımparalarla 30µ'a kadar inceltilmiştir. Örneğin içeriğindeki mineraller, polarizan mikroskopla (James Swift çift nikol) tanımlanmıştır.

### XRD Analizi

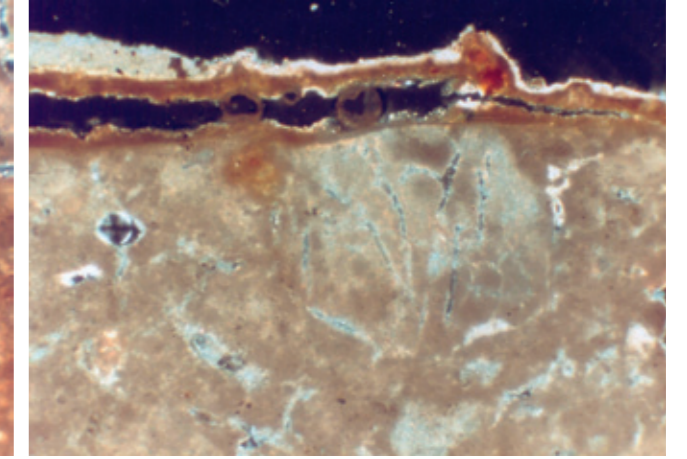
Toz haline getirilmiş (<90 µ) örnekler, XRD cihazının (Philips XL 30 ve Cu Kα radyasyonu) örnek odacığına yerleştirilerek, elde edilen grafikten mineralleri tanımlanmış ve saptanmıştır.

### SEM-EDX Analizi

Epoksiye gömülen örneklerden kalın (2 -4 mm) bir dilim 3µ, 1µ ve



Resim 1. Kaba ve ince siva arasındaki düzgün faz



Resim 2. İnce sivada alçı taşı kabuk oluşumu ve yapraklanma biçiminde yüzey erozyonu

Tablo 4. Tipik örneklerin Civalı Porozimetre ile yapılan gözenek analizi sonuçları

Örnek Tipi →	Harç	Kaba Sıva	İnce Sıva	Dolgu
Spesifik Gözenek Hacmi (cm <sup>3</sup> /g)	0.2276	0.4287	0.4769	0.3740
Ortalama Gözenek Çapı (nm)	2108	26250	18.750	1961
Mikro Gözenek (%)	92.4	62.7	70.9	90.9
Gözenek Oranı (%):				
10 nm'ye kadar	12.4	13.5	6.9	12.5
30 nm'ye kadar	27.2	23.9	13.6	29.1
100 nm'ye kadar	44.7	33.4	24.1	47.9
10-100 nm arası	32.3	19.9	17.2	35.5
% 25'lik Oran (nm)	26	39	109	22
% 50'lik Oran (nm)	142	551	321	113
% 75'lik Oran (nm)	667	6927	3947	562

0,25µ'luk elmas parlatma tozlarıyla (metodi) parlatılmış; altın kaplanan örneklerin SEM ve EDX (Leitz rem 1600 T ve Philips XL 30) analizi yapılarak, örneklerin mineralleri ve dokuları tanımlanmış; içerikleri belirlenmiştir.

### Fiziksel Özellikler

Küçük kütle halindeki örneklerin birim hacim ağırlığı (görünür yoğunluk), spesifik yoğunluğu, toplam boşlukluluk ve su emme (ağırlıkça, hacimce) testleri yapılmıştır. Seçilen tipik örneklerde, gözenek boyut dağılımı ve miktarı analizleri civalı porozimetre (Quecksilber-Druckporosimetrie ve Mikromeritics Porosizer 9320) ile, boşluk yapısı konusundaki bilgiler artırılmıştır. Bu çalışmada, standart boyutlarda örnek alınmadığı için, örneklerin mekanik özellikleri be-

lirlenememiştir.

### Sonuçların Tartışılması

Dolgu olarak tuğla kırığı ve diğer parçacıkları içeren, kaymak kireç bağlayıcılı harç ve kaba sıvaların rengi, beyazımsı pembeden kırmızıya kadar değişmektedir. Krem - beyaz renkli ince sıvalarda ise lifli katkı olarak kırıntı (keten) ilave edilmiştir. Yapının temelinden (20 örnek) ve duvarından (27 örnek) harç ile sıva (30 örnek) örneği alınmıştır. Agregaların 125-250µ ve 500-1000µ boyutlu olanları ideal az olmakla beraber, kil ve silt miktarları kabul edilebilir limitlerin üzerindedir (Tablo 1). Sıvalarda yer yer 8 mm boyuta kadar olan tuğla kırıkları tespit edilmiştir. Kızdırma kaybı analizine göre, temel harçlarında CaCO<sub>3</sub> oranı yer yer %50'yi aşmakla birlikte; genelde %40-50 arasında yığıl-

maktadır (Tablo 2). Bu oran, duvar harçlarında %30-70 arasında değişmektedir. Analiz sonuçları, hem temelde hem de duvarda kullanılan bağlayıcıların benzer olduğunu göstermiştir.

% CaCO<sub>3</sub> içeriği, sıvaların kaba ve ince tabakalarında değişik oranlarda tespit edilmiştir. Pembe renkli kaba sıva örneklerinde ortalama %35 oranında tespit edilmişken; ince (perdah) sıvalarda %80 oranında CaCO<sub>3</sub> tespit edilmiştir. İnce sıva ve perdah tabakalarında CaCO<sub>3</sub> oranının yüksek olmasının nedeni, bu örneklerde kireç bağlayıcı yanında kireç taşı tozunun da dolgu olarak kullanılmış olmasıdır (Tablo 2).

Harç ve sıva örneklerinin fiziksel analiz sonuçları, Tablo 3'te verilmiştir. Harçların spesifik gözenek hacimleri, sıvalarınkinden daha küçüktür. Bunun nedeni, muhtemelen

Örneğin Alındığı Yer	(% CaCO <sub>3</sub> İçeriği)									Organik Katkılı Örnekler
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	
	Örnek Sayısı									
Temel	-	1	1	16	5	1	-	-	-	2
Duvarlar	-	-	5	17	4	2	-	1	-	4
Sıvalar	1	2	7	2	1	4	2	6	1	9

Tablo 2 Harç ve sıva örneklerinin kalsinasyon analiz sonuçları

Örneğin Alındığı Yer	Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	% Boşlukluluk (ağırlıkça)	Su Emme (% ağırlıkça)
Temel	1.42 ± 0.20	2.00 ± 0.07	28.83 ± 11.50	34.46 ± 7.83
Duvarlar	1.34 ± 0.08	1.88 ± 0.13	27.10 ± 6.92	33.14 ± 4.14
Alt Sıvalar	1.36 ± 0.10	1.73 ± 0.08	22.40 ± 6.52	34.89 ± 6.17

Tablo 3 Örneklerin 10'ar tanesinin ortalama fiziksel özellikleri

Tablo 5. Suda çözünebilir tuzların kalitatif analiz sonuçları

Örnek	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
S 95	++++	++	-	-	-
S 60	+++	++	-	-	-
S 63	++	-	-	-	-

-: Yok; ±: Tespit edilebilecek miktarda var; +: var; ++: Kaydadeğer miktarda var; +++: Fazla var; ++++: Çok Fazla var

Tablo 6. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) ile yapılan kantitatif analiz sonuçları

Örnek	Mg <sup>2+</sup> (%)	Na <sup>+</sup> (%)	K <sup>+</sup> (%)
S 15 – Alt sıva	0.08	0.01	0.14
S 60 – Harç	0.00	0.02	0.06
S 63 – Harç	0.00	0.02	0.07

Tablo 7. Tipik örneklerin yarı-kantitatif X-ışını Difraksiyon (XRD) analizi

Oksitler	15 no'lu Kaba Sıva		60 no'lu Harç		63 no'lu Harç	
	%	s	%	s	%	s
Na <sub>2</sub> O	0.15	0.23	-	-	-	-
MgO	1.67	0.21	0.84	0.19	1.35	0.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.39	0.23	9.14	0.46	6.75	0.09
SiO <sub>2</sub>	41.33	0.98	39.14	1.15	29.43	0.67
SO <sub>3</sub>	0.41	0.96	0.38	0.09	-	-
Cl	3.27	0.14	1.36	0.11	0.30	0.03
K <sub>2</sub> O	1.93	0.12	2.18	0.12	2.16	0.10
CaO	33.46	1.16	41.92	1.94	55.32	0.50
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.12	0.39	0.19	0.43	0.13
FeO <sub>3</sub>	6.74	0.34	4.85	0.19	4.13	0.13

agrega boyut dağılımın harçlarda daha düzenli olması ve düşey yüklerin harçlar üzerinde yarattığı basınç kaynaklı sıkışmalardır (Tablo 4).

İnce kesitlerde agregaların petrografik incelenmesi sonuçlarına göre; harç örneklerinde agrega ve dolgu olarak çoğunlukla tuğla kırığı, az miktarda kuvars, karbonat ve kalsit, çok az da feldspat (plajyoklas)

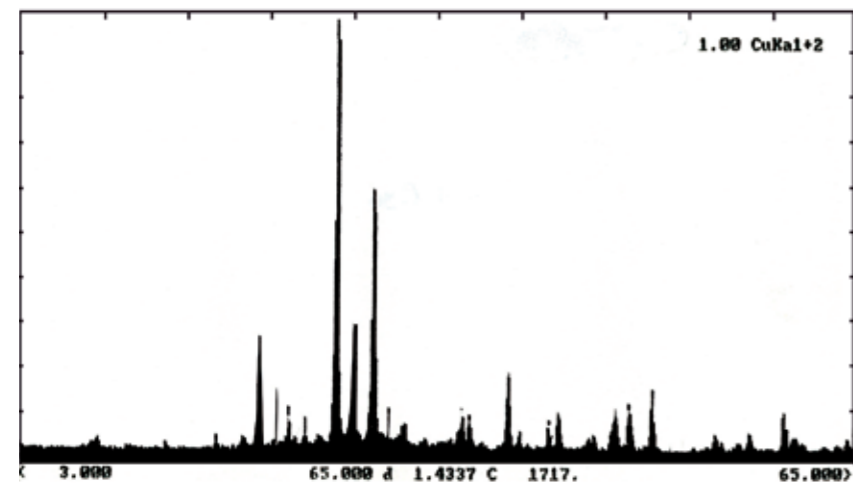
bulunduğu tespit edilmiştir. Harç örneklerinin içeriğinde tespit edilen karbonat parçacıklarının deniz kabuklusu kırıkları içermesi, bu örneklerde tuğla kırığı yanında maktrali kireç taşı (küfeki taşı) kırığının da kullanıldığını göstermiştir.

Harçlarla benzer içerikte olan kaba sıvaların belirlenen tek farkı, agregalarının 2mm elek altı ol-

masıdır. Yumuşak ve oldukça homojen olan ince sıvalarda, asit kaybı sonrasında kalan agregaların oranı yaklaşık %20 olup boyutları 125µ'dan küçüktür (Tablo 1). Kaba ve ince sıva arasındaki fazın çok düzgün olması, ince sıvanın kaba sıva prizlendikten sonra uygulandığını göstermiştir (Resim 1). Hava kirliliği, ince sıvanın yüzeyinde tespit edilen alçı taşı, is ve tozdan oluşan kabuk ve yapraklanmanın nedenidir (Resim 2).

Suda çözünebilir tuz analizleri, örneklerde bol miktarda klor ve sülfat (alçı taşı) tuzlarının varlığını göstermiştir (Tablo 5 ve 6).

XRD analiz sonuçlarına göre, kaba sıva örneklerinde temel olarak kuvars ve kalsit, daha az miktarda da anortit ve muskovit bulunduğu tespit edilmiştir. Bu örneklerin bağlayıcısında tespit edilen kalsiyum miktarı, silisyuma göre çok daha fazladır. Bu da kırılmış tuğla kırığının agrega olarak kullanıldığını ayrıca kanıtlamaktadır.



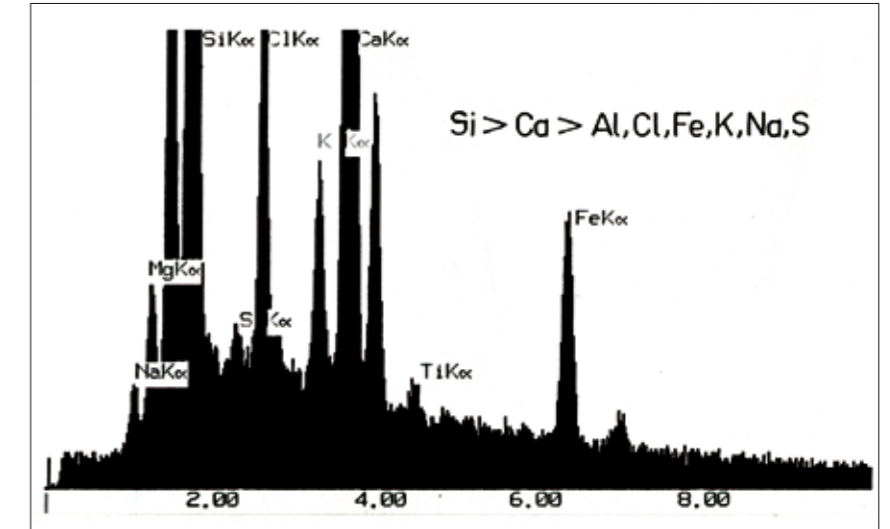
Resim 3. Kaba sıvanın XRD diagramı.

Tanımlanan Mineraller	15 no'lu Kaba Sıva	60 nolu Harç	63 nolu Harç
Kuvars	+	+	+
Kalsit	+	+	+
Anortit	-	-	+
Mikrolin	-	+	-
Albit (Ca)	+	+	-
Albit (K)	-	-	-
Muskovit	+	+	+
Alçı taşı	+	-	-

İnce sıvanın XRD analiz sonuçlarına göre bu örneklerde temel olarak kalsit ve kuvars, çok az muskovit ve alçı taşı vardır (Tablo 7, Resim 3). Tespit edilen Mg miktarı, agregaların veya bağlayıcıların dolomitik özellikli olmadığını göstermiştir.

XRD analizi ile tespit edilen SO<sub>3</sub>, hava kirliliği nedeniyle oluşmuş alçı taşının varlığını göstermiştir. Bu sonuç, ince sıvalar kadar kaba sıvaların ve harçların da hava kirliliğinden etkilendiğini göstermiştir.

SEM - EDX analizleri, örneklerin dokuları ile içeriklerindeki minerallerin tip, boyut ve yerleşim düzeni hakkında bilgiler vermiştir. Bu analizlere göre çoğunluğu tuğla kırığı, daha azı kırılmış küfeki taşı kırığı olan agregalar, örneklerde homojen dağılımlıdır. EDX sonucuna göre; bağlayıcı hem CaCO<sub>3</sub> hem de silisli malzeme içermektedir (Resim 4). Bu da sönmüş kireç ve tuğla tozunun silikatlaşma tepkimeleri sonucu olarak ortaya çıkmıştır.



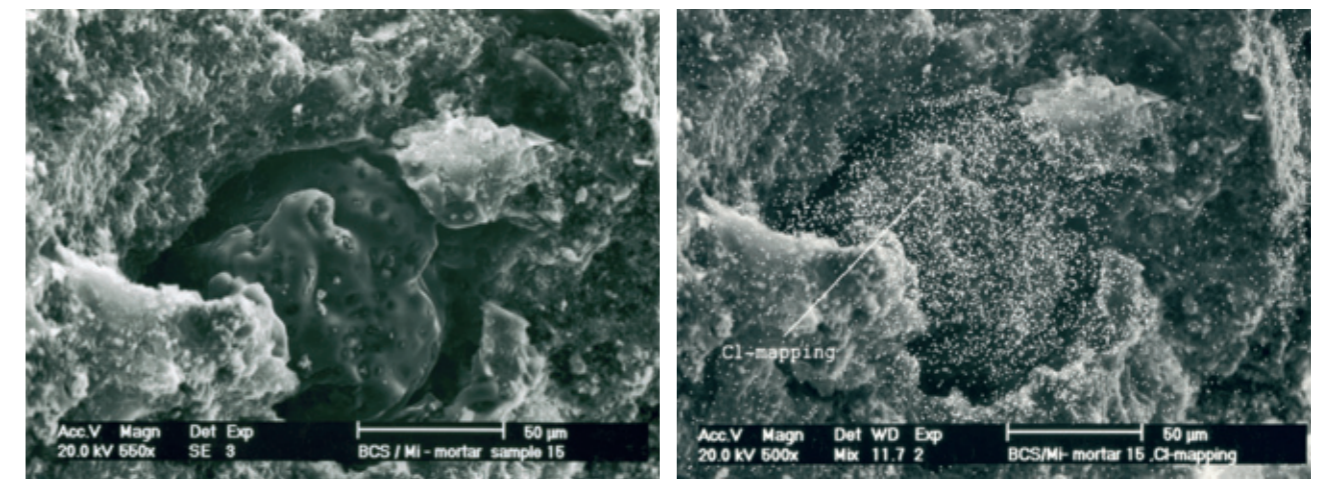
Resim 4. Kaba sıvanın EDX diagramı

SEM fotoğraflarına göre; kaba sıvada bulunan agregaların, miktarları harçlara göre daha az, boyutları daha küçük olmakla birlikte, bağlayıcı nitelikleri benzerdir.

Tipik kaba sıva olan örnek 15'in EDX analiz sonucundaki en önemli fark, klor miktarındaki artıştır (Resim 4). Bu sonuç ve SEM fotoğrafındaki klor taraması, bize

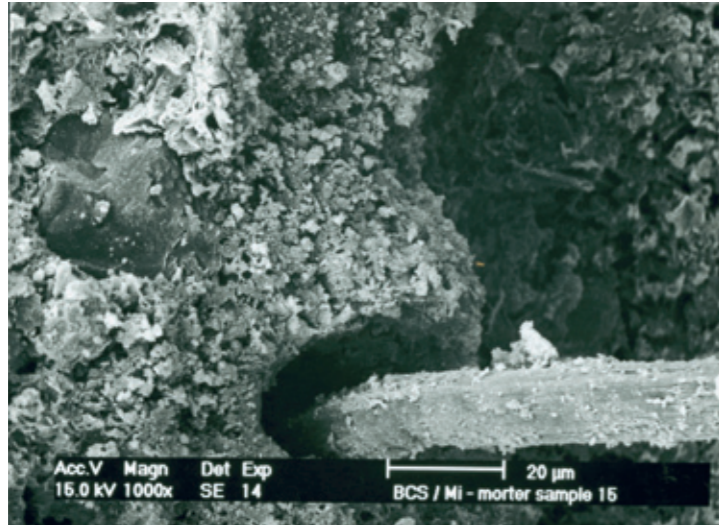
suda çözünebilir tuzların gözenek içinde yığıldığını ve kristallendiğini göstermiştir. Bu örnekte tespit edilen klor tuzlarının kaynağı, yapıda kullanılan orijinal malzemeler veya denizden rüzgarla taşınan sprey halindeki su olmalıdır (Resim 5).

İnce sıvadaki lifli katkı olarak kullanılan kıtık da SEM fotoğrafında görülmektedir (Resim 6).



Resim 5. Kaba sıvada SEM ile klor (Cl) yoğunluğu haritası

Resim 6.  
Harç içeri-  
ğinde bağ-  
layıcı, agre-  
ga ve keten  
kırıktık.



### Sonuçların Değerlendirilmesi

Tahtakale Hamamı harç örnekleri, çeşitli renk ve dokularda olup; bağlayıcı içinde düzenli dağılmış ince ve kaba agregalardan oluşmuştur. Bu harçlarda tuğla kırıkları agrega olarak katkı olarak kullanılmıştır. Harç örneklerinin sadece birkaçında kırıktık, lifli katkı olarak kullanılmıştır.

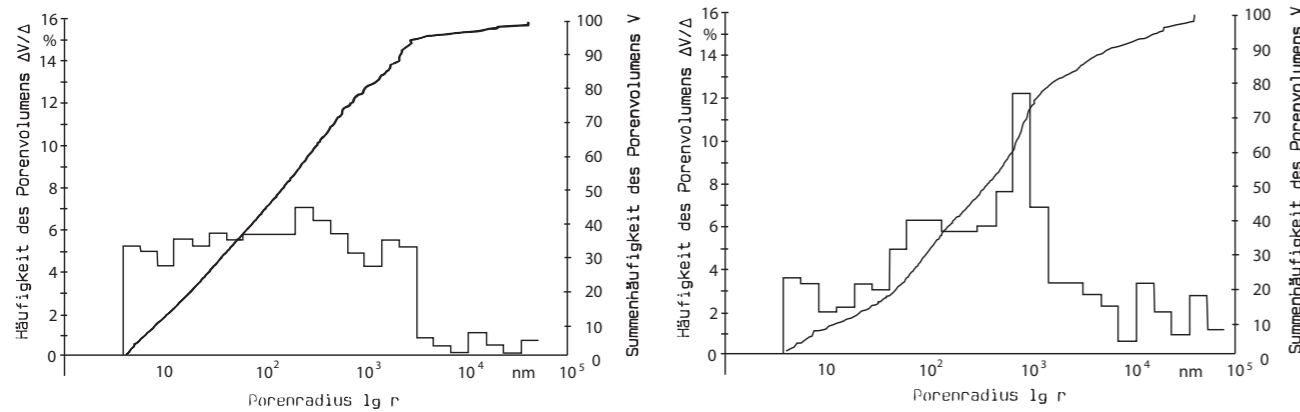
Yapıda çeşitli kalınlıkta kullanılmış olan kaba sıvalar, terkip, renk ve doku olarak harçlarla hemen he-

men aynıdır. Kaba sıvaların harçlardan farkı, sadece agrega boyutlarının daha küçük olması ve bazılarında kireç taşı kırığı agregaların biraz daha fazla olmasıdır. 2-5mm kalınlığında ve kaymak kireç ile toz boyutlu kireçtaşı agregalardan oluşan beyaz - krem renkli perdah sıvaların çoğunda, kısa kesilmiş keten kırıktık, lifli katkı olarak kullanılmış olup; işçilik kalitesi oldukça yüksektir.

Bu çalışmada yapılmış olan aletli ileri analiz sonuçları, basit analizlerden elde edilen sonuçları doğru-

lamıştır. Görsel analiz, çözünebilir tuz analizi, asit kaybı ve elek analizi, kızdırma kaybı analizi ile fiziksel ve mekanik (point-load testi ile) özelliklerin belirlenmesi; basit bir kimya laboratuvarında, hatta kazı alanında oluşturulabilecek bir laboratuvarla kolaylıkla yapılabilmektedir.

Bu çalışmada da doğru ve geçerli bir sonuç elde etmek için, en az 10 tipik örnek alınması ve üzerinde çalışılması gerekmektedir. Ancak yapılacak araştırmalarda, en az 5 örnek üzerinde çalışılması tavsiye edilmektedir. Basit analizlerden elde edilen veriler, koruma ve onarım çalışmasında kullanılacak renk ve doku gibi fiziksel ve mekanik özellikleri orijinalle uyumlu harç ve sıva içeriğini belirlemede yeterli olacaktır. İleri analiz teknikleri ile, harç ve sıva örneklerine ait hassas ve detaylı bilgilerin elde edilmesi mümkündür. Kireç, kum, kil ve puzzolanik katkıların tanımlanması XRD ile; bunların örnek dokusunda yerleşimi, dağılımı, boyutları ve kabaca miktarları SEM-EDX ile yapılmaktadır. Bu ileri teknikler, özellikle eski kireç teknolojisi ile araştırma sürecinin ve morfolojisinin anlaşılmasında yararlı olacaktır.



Resim 7. Harç (a) ve kaba sıvada (b) gözenek (boşluk) boyutu dağılımı

### REFERANSLAR

- 1- Teutonico, J.M., 1988, A Laboratory Manual for Architectural Conservators, ICCROM, Rome, pp. 113-115.
- 2- Ashurts, J. and Dimes, F.G., 1990, Conservation of Building and Decorative stone-Volume 2, Butterworth-Heinemann, London, pp. 88-93.
- 3- Jędrzejewska, H., 1960, 'Old Mortars in Poland : A New Method of Investigation', *Studies in Conservation*, Vol. 5, No. 4, pp. 132-38.

- 4- Jędrzejewska, H., 1967, 'Investigation of Ancient Mortars', *Archaeological Chemistry*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, pp. 147-66.
- 5- Jędrzejewska, H., 'Ancient Mortars as Criterion in Analysis of Old Architecture', *Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*, ICCROM, Rome (1982), pp. 311-29.
- 6- Cliver, E.B., 1974, 'Test for the Analysis of Mortars Samples', *Bulletin of the Association for Preservation Technology*, Vol. 6, No. 1, pp. 68-73.
- 7- ASTM C85-86, 1980, Standard Method of Test for Cement Content of Hardened Portland Cement Concrete, Part 14, pp. 43-46.
- 8- Stewart, J. and Moore, J., 1982, 'Chemical Techniques of Historic Mortar Analysis', *Mortars, Cements, and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*, ICCROM, Rome, pp.193-310.
- 9- Dupas, M., 1982, 'L'analyse des Mortiers et Enduits des Peintures Murales et des Batiments Ancients', *Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*, ICCROM, Rome, pp. 281-295.
- 10- Charola, A.E., Dupas, M., Shery, R.P., and Freund, G.G., 1984, 'Characterization of Ancient Mortars, Chemical and Instrumental Methods', *Proceedings of the International Symposium on Scientific Methodologies Applied to Works of Art, Florence*, pp. 28-33.
- 11- Tabasso, M.L. and Sammuri, P., 1984, 'Evaluation of Mortars for Use in Conservation from the Standpoint of Release of Soluble Salts', 10-14 September, *7th Triennial Meeting*, ICOM Committee for Conservation, Copenhagen, 84.10.8-84.10.11.
- 12- Chiac, T.D. and Penkale, B., 1984, 'Methods of Investigation for Mortars from the Ancient and Early-Medieval Buildings', *7th Triennial Meeting*, 10-14 September, ICOM Committee for Conservation, Copenhagen, 84.10.5-84.10.7.
- 13- Güleç, A., Ersen, A., 1998 "Characterization of Ancient Mortars: Evaluation of Simple and Sophisticated Methods" *Journal of Architectural Conservation* 4, No1. 56-67.
- 14- Güleç, A., Acun, S., Ersen, A., "A Characterization Method for the fifth-century Traditional Mortar in Land Walls of Constantinople" *Yedikule, Studies in Conservation*, Vol 5, no 4., 2005
- 15- Groot, G., Ashall, G., Hughes, J. (ed.), 2004, *RILEM Report 28: Characterisation of old Mortars with Respect to their Repair*, RILEM,
- 16- Hughes, J.J., Cuthbert, S.J., 2000, The Petrography and Microstructure of Medieval Lime Mortars From the West of Scotland: Implications for the Formulation of Repair and Replacement Mortars, *Materials and Structures / Materiaux et Constructions*, 23, pp. 594-600.
- 17- Middendorf, B., Huhes, J.J., Cellerbaut, K., Baronio, G., Papayianni, I., 2005, Investigative methods for the Characterisation of historic mortars- Part I Mineralogical characterisation, *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 38, pp. 771-780 (October)
- 18- Part 2: Chemical characterisation, 38, 771-780, 2005a.
- 19- Papayianni, I, Stefanidou, M., 2001, "Porosity and Structure of old Mortars", *Studies in Ancient Structures*, Proceedings of the 2nd International Congress, Vol.2, YTU, İstanbul, 509-517.
- 20- Tunçoku, 2001, s.s, Characterisation of Masonry Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, *Beysheir and Akşehir*, O.D.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi.
- 21- TS EN 1936, 2001, Doğal Taşlar Deney Metodları- Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini, T.S.E., Ankara.